

特定非営利活動法人 シンビオ社会研究会のホーム



令和4年度第2回シンビオ講演会

2022.9.30

2050年カーボンニュートラル実現に向けた課題

京都大学大学院 エネルギー科学研究科

教授 石原慶一

京都大学



Prof. Keiichi N. Ishihara (GSES)
KYOTO UNIVERSITY

目次

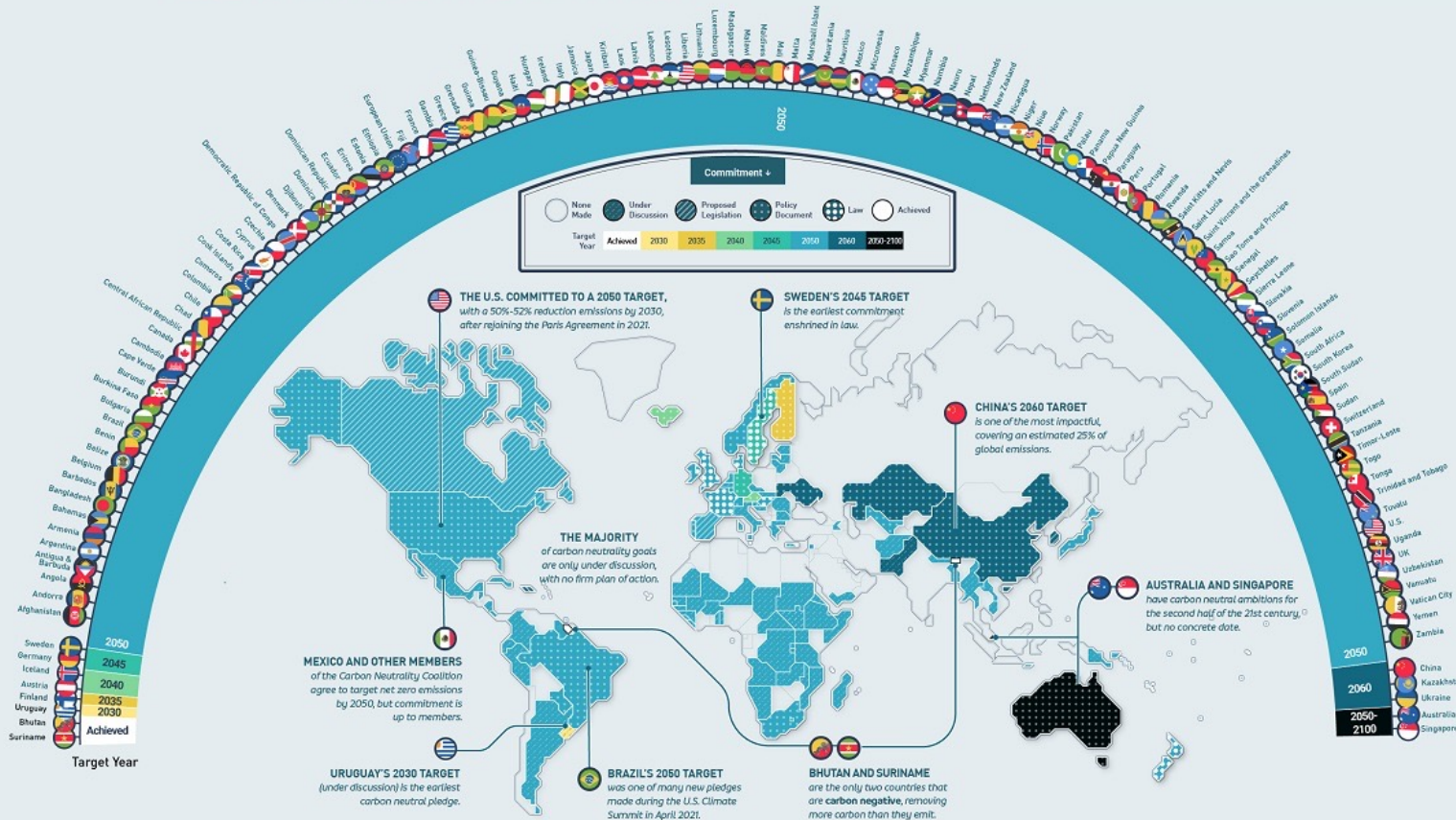
1. 2050年カーボンニュートラル宣言
2. エネルギーシナリオ研究
3. 九州地区の分析
4. 2050年カーボンニュートラル
5. まとめ

1. 2050年カーボンニュートラル宣言



RACE TO NET ZERO

CARBON NEUTRAL GOALS BY COUNTRY



Presented by

motivepower
ideas, implemented



VISUAL CAPITALIST

Facebook: @visualcapitalist Twitter: @visualcap Instagram: @visualcapitalist Website: www.visualcapitalist.com

SOURCES: Energy and Climate Intelligence Unit, Carbon Neutrality Coalition, Climate Action Tracker

Prof. Keiichi N. Ishihara (GSES)
KYOTO UNIVERSITY

第二百三回国会における菅内閣総理大臣所信表明演説



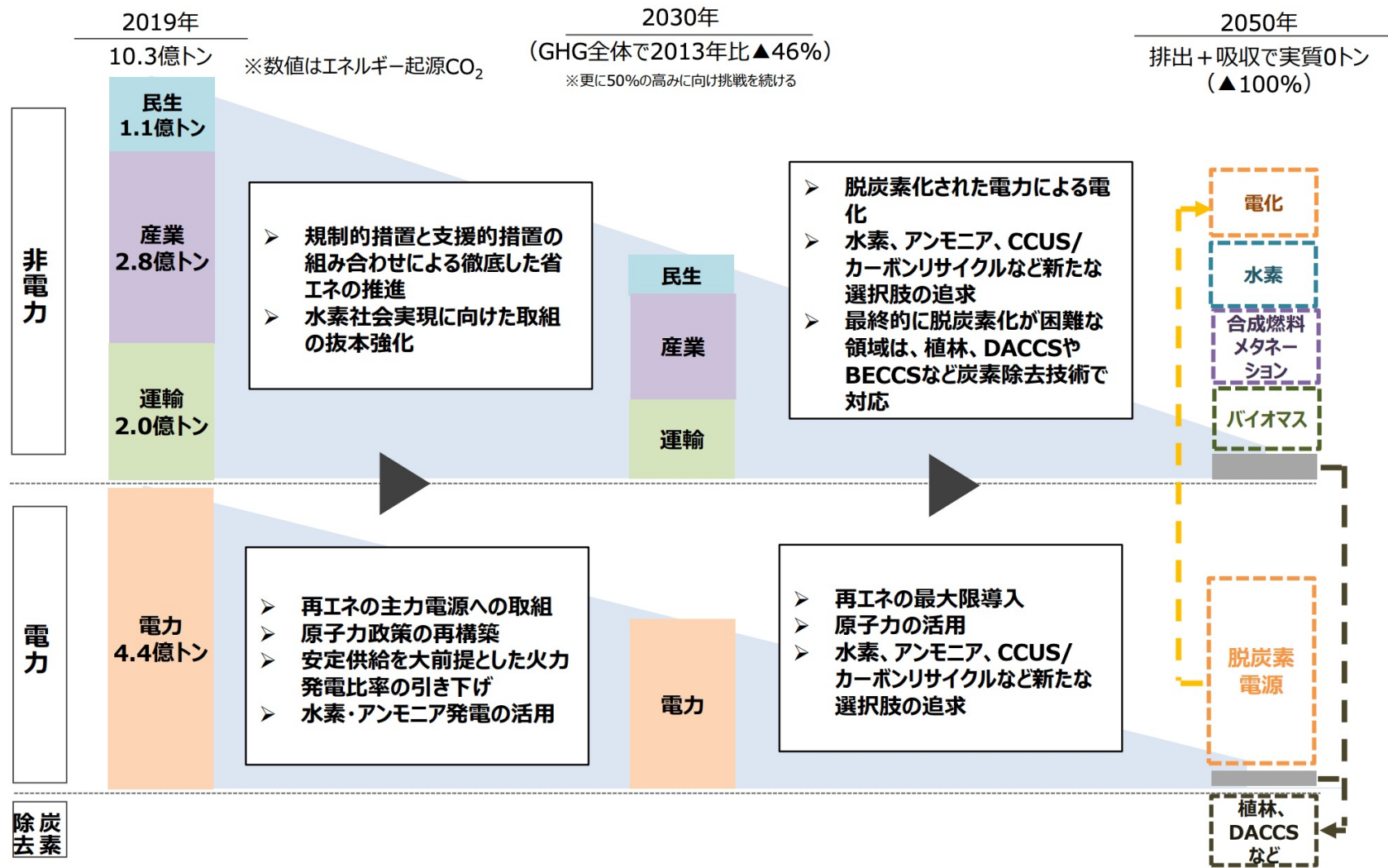
三 グリーン社会の実現

菅政権では、成長戦略の柱に経済と環境の好循環を掲げて、グリーン社会の実現に最大限注力してまいります。

我が国は、二〇五〇年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち二〇五〇年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すことを、ここに宣言いたします。

もはや、温暖化への対応は経済成長の制約ではありません。積極的に温暖化対策を行うことが、産業構造や経済社会の変革をもたらし、大きな成長につながるという発想の転換が必要です。

2050年カーボンニュートラルの実現

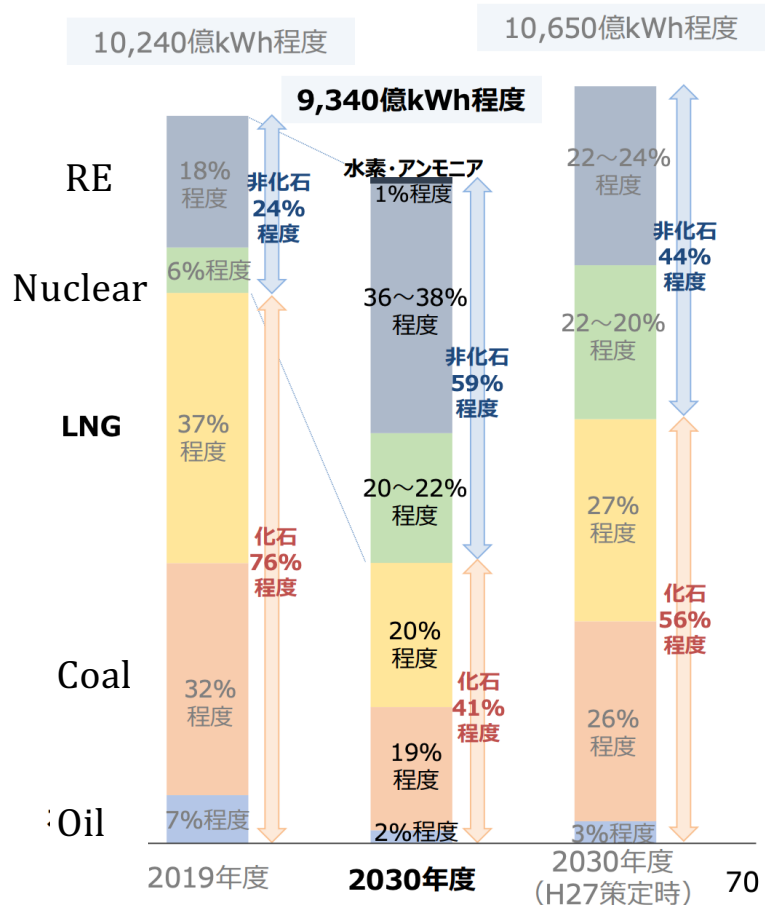


日本のNDC（国が決定する貢献）

	2030 目標 (Mt CO ₂)		2013 (Mt CO ₂)
温室効果ガス排出量・吸収量	760	-46%	1,408
エネルギー起源二酸化炭素	677	-45%	1,235
産業部門	289	-38%	463
業務その他部門	116	-51%	238
家庭部門	70	-66%	208
運輸部門	146	-35%	224
エネルギー転換部門	56	-44%	106

If we can reduce GHG emissions from power generation, this target can be achievable.

電源構成



2030 target

2030年度の発電電力量・電源構成

At 2020

[億kWh]	発電電力量	電源構成	100MWh	Ratio	target
石油等	190	2%	630	6.3%	0.30
石炭	1,780	19%	3,104	31.0%	0.57
LNG	1,870	20%	3,905	39.0%	0.48
原子力	1,880~2,060	20~22%	390	3.9%	5.05
再エネ	3,360~3,530	36~38%	1,812	18.1%	1.91
水素・アンモニア	90	1%	0	-	-
合計	9,340	100%	10,013	100%	0.93

※数値は概数であり、合計は四捨五入の関係で一致しない場合がある

[億kWh]	発電電力量	電源構成	発電実績	構成比	対目標
太陽光	1,290~1,460	14%~16%	791	7.9%	1.73
風力	510	5%	90	0.9%	5.67
地熱	110	1%	30	0.3%	3.67
水力	980	11%	788	7.8%	1.24
バイオマス	470	5%	291	2.9%	1.61

※数値は概数。



電力需給逼迫という足元の危機克服のため、今年の冬のみならず今後数年間を見据えてあらゆる施策を総動員し不測の事態にも備えて万全を期していきます。特に、原子力発電所については、再稼働済み10基の稼働確保に加え、設置許可済みの原発再稼働に向け、国が前面に立ってあらゆる対応を採ってまいります。

G X 実行会議（第2回） 日時：令和4年8月24日（水）

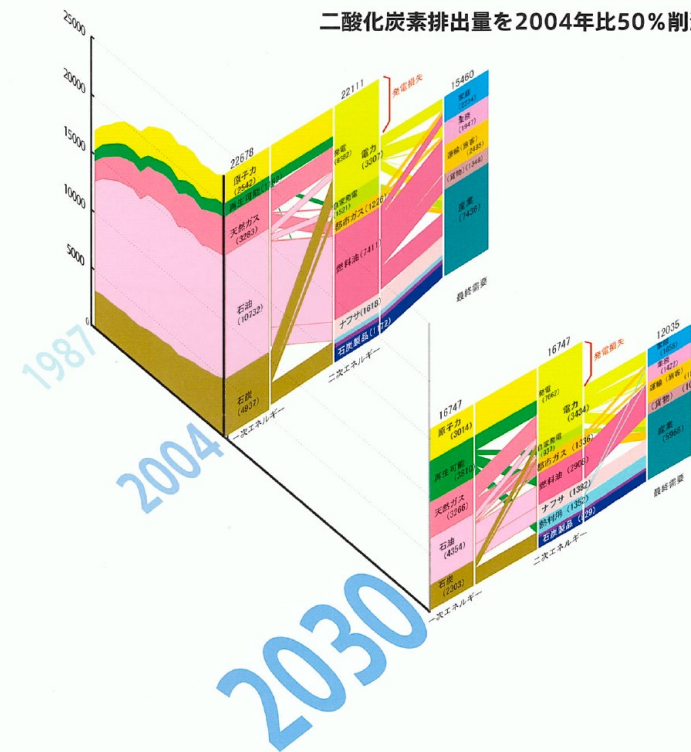
2. エネルギーシナリオ研究

21世紀COEプログラム

2030年に二酸化炭素排出量を半減するシナリオを2007年に作成

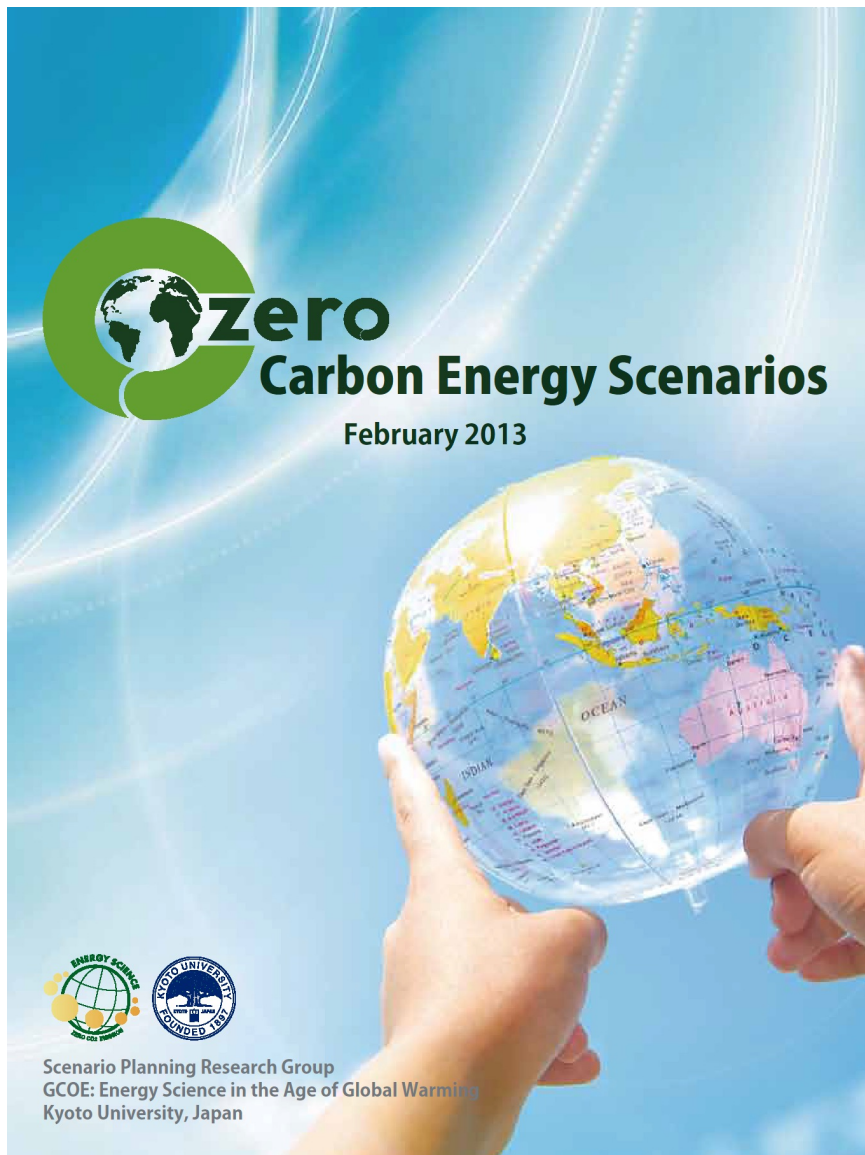
2030年 エネルギー需給シナリオ

再生可能エネルギーを可能な限り導入しつつ
二酸化炭素排出量を2004年比50%削減へ向けて



2007.3

京都大学21世紀COEプログラム
「環境調和型エネルギーの研究教育拠点の形成」
シナリオ作成グループ



Prof. Keiichi N. Ishihara (GSES)
KYOTO UNIVERSITY

Final Report



Scenario Planning Research Group

GCOE: Energy Science in the Age of Global Warming March 2013

Kyoto University, Japan

2100年までに世界の二酸化炭素排出量をゼロにするシナリオを策定

メンバー: 石原、小西、手塚、張、Nuki、Hooman

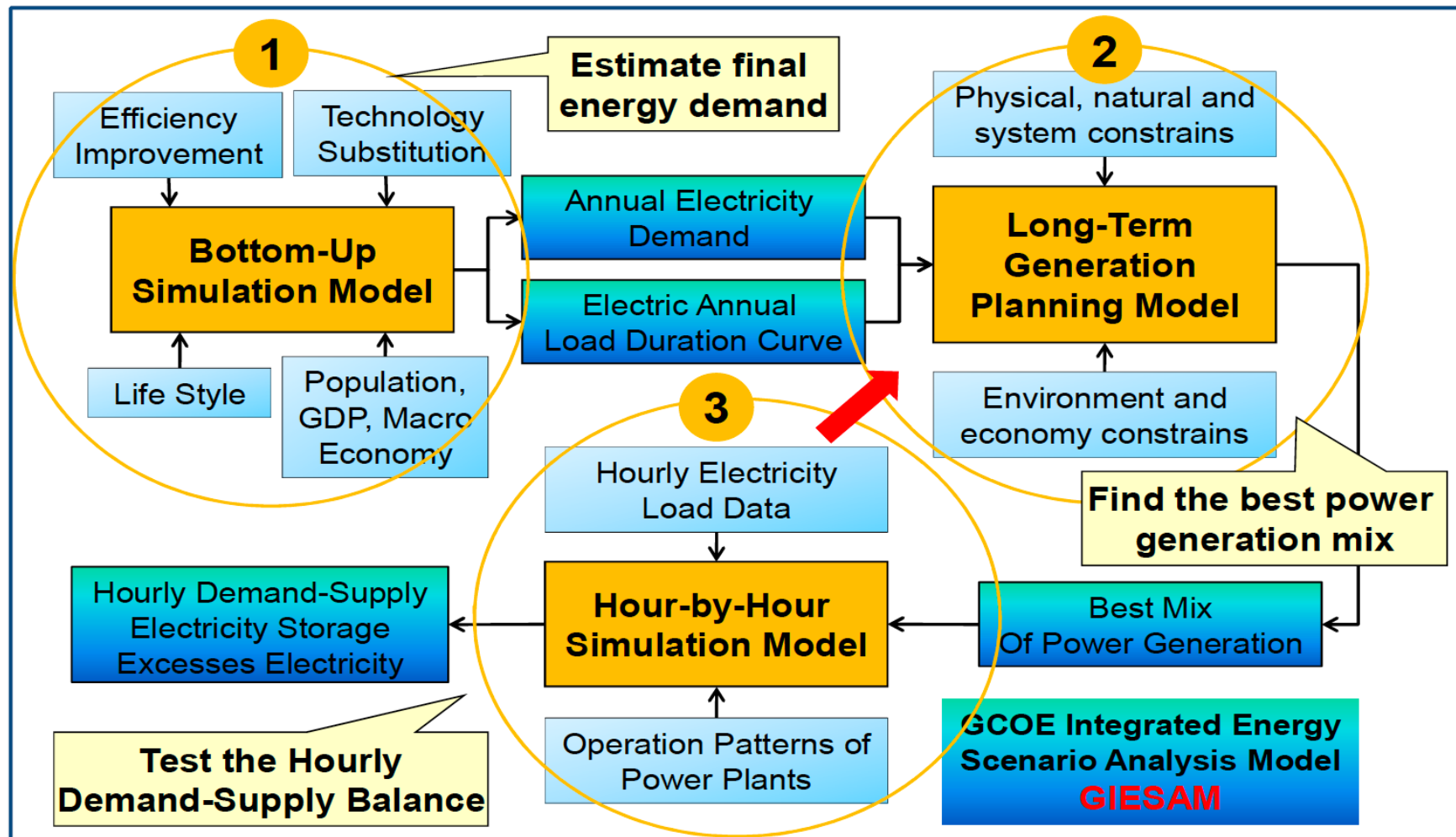


Figure 1.2 Proposed integrated scenario analysis model (GIESAM)

Zero-Carbon optimization model

技術、投資制約下での二酸化炭素排出量最小の解を求めた

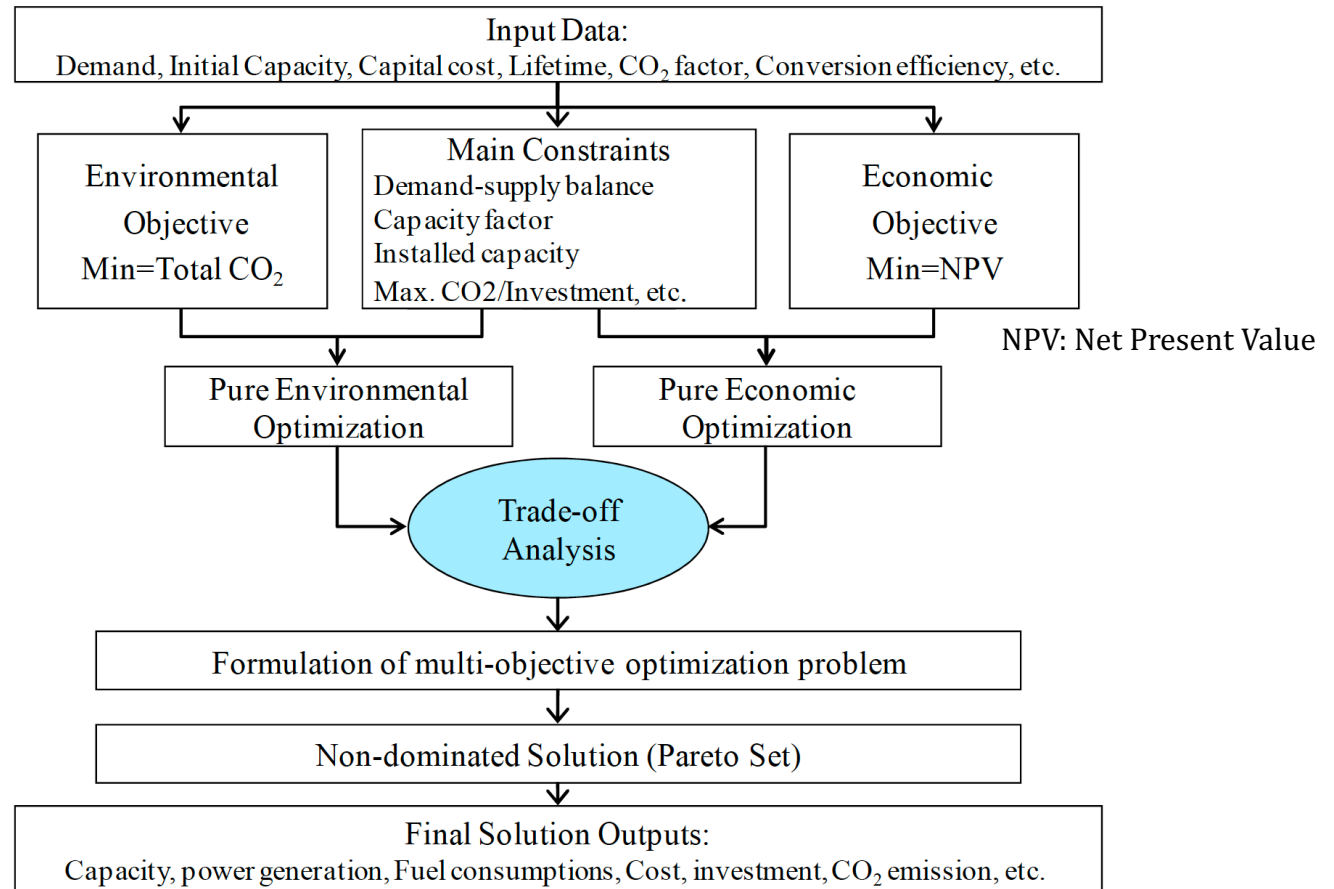


Figure 1.4 Multi-objective optimization planning model for power generation system

2100年に日本の人口は半減する

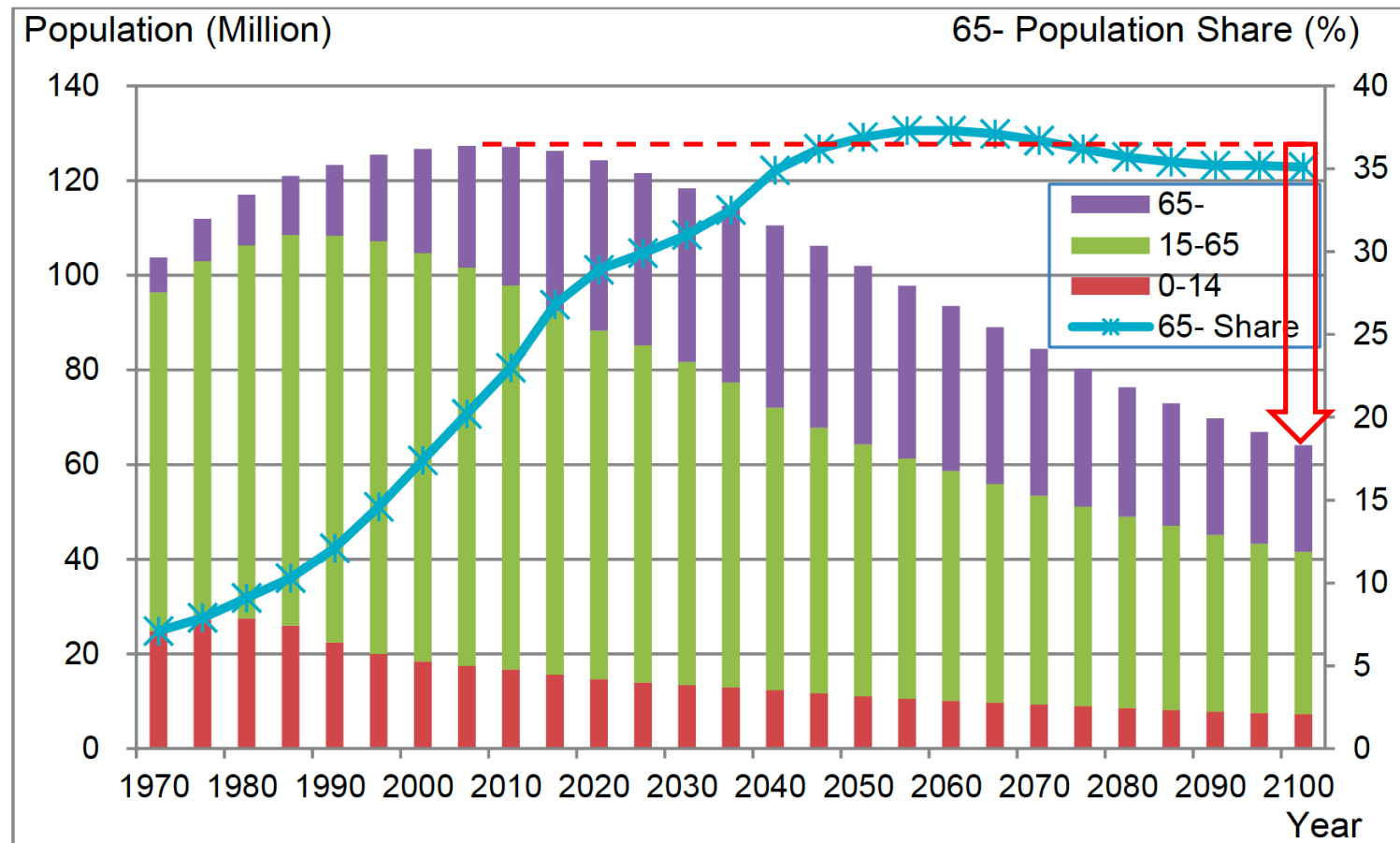


Figure 1.8 Historical and projected population and age structure to 2100

Final Energy Consumption

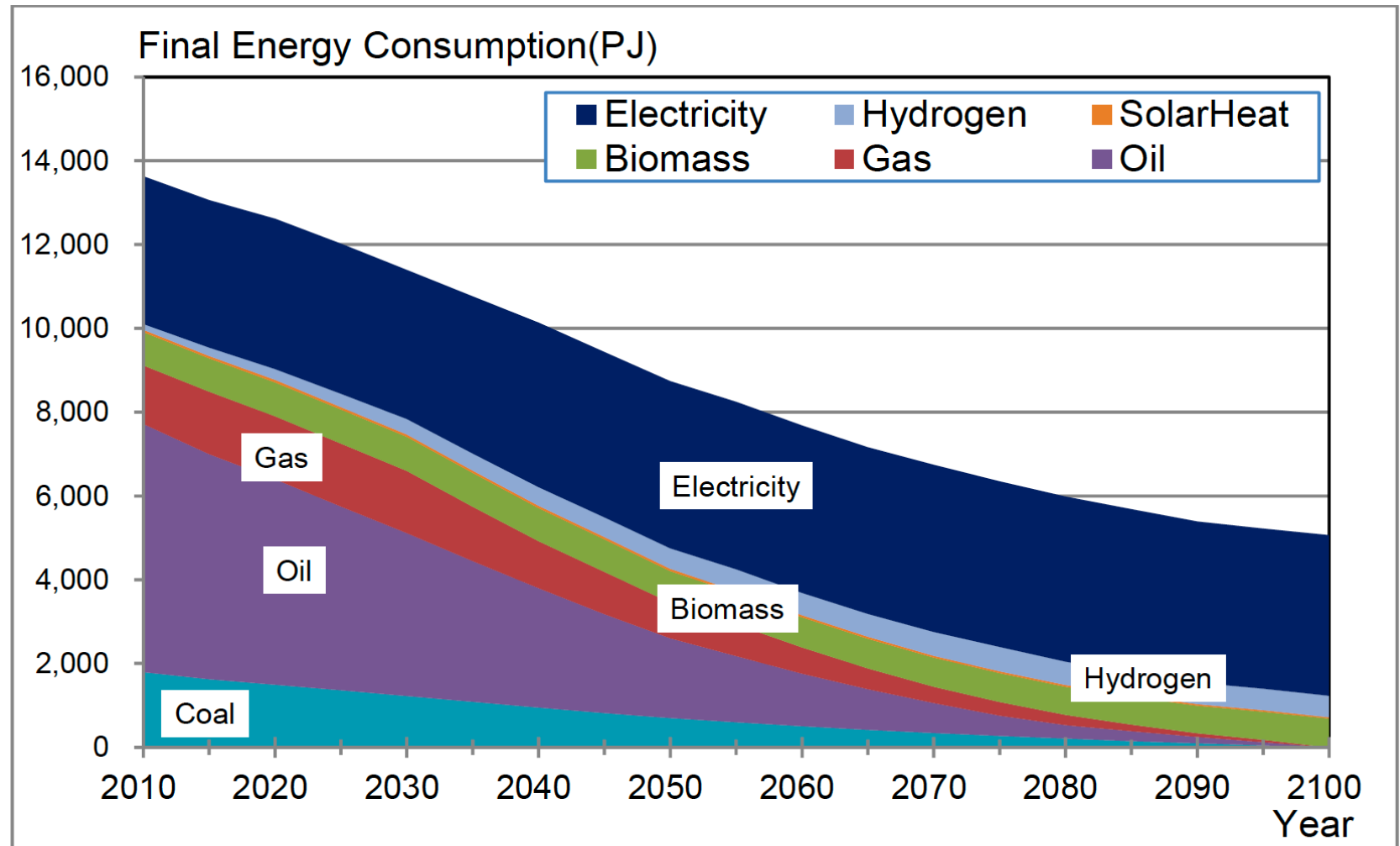


Figure 1.38 Final energy consumption at end-use side

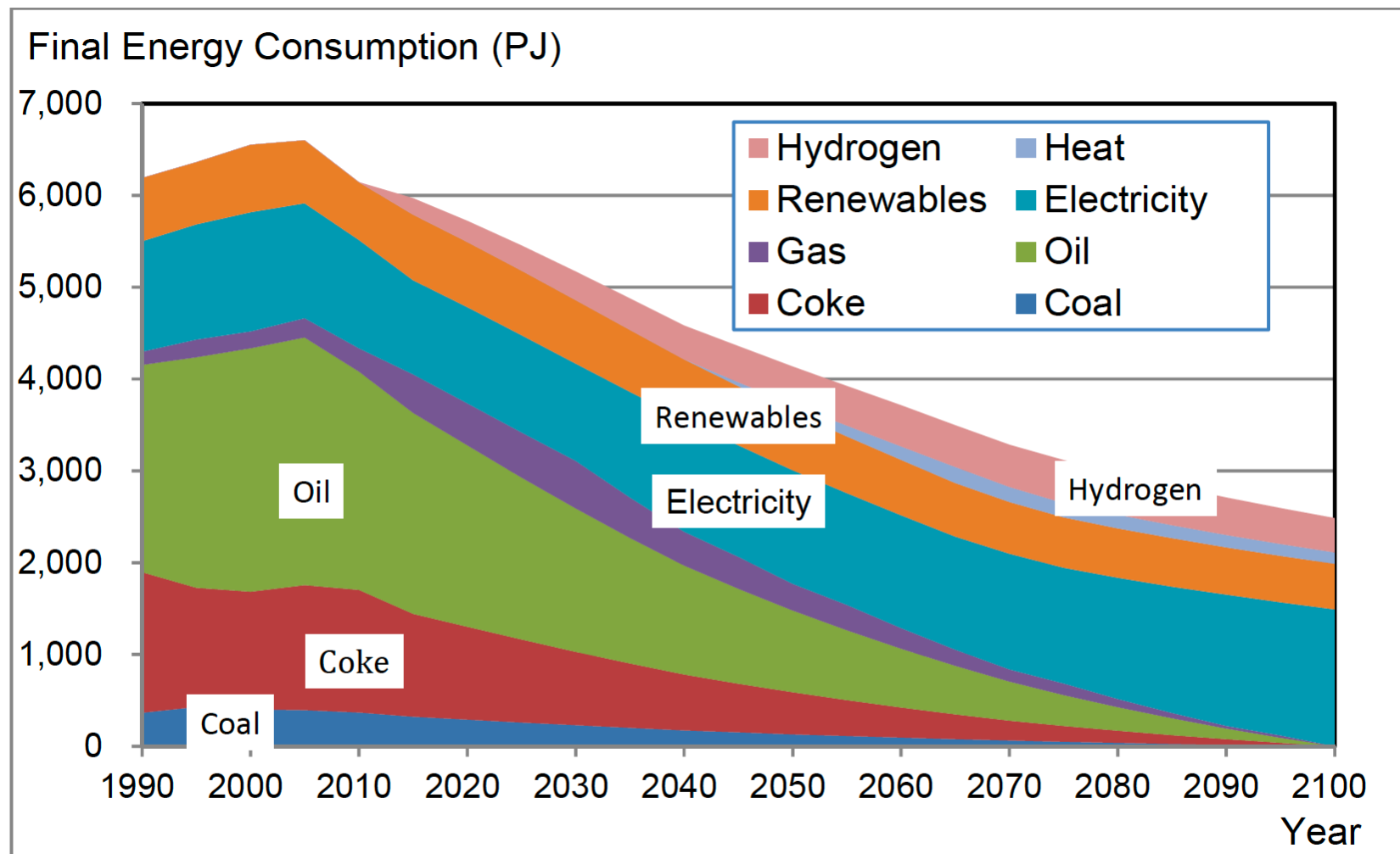


Figure 1.25 Final energy consumption in industry to 2100

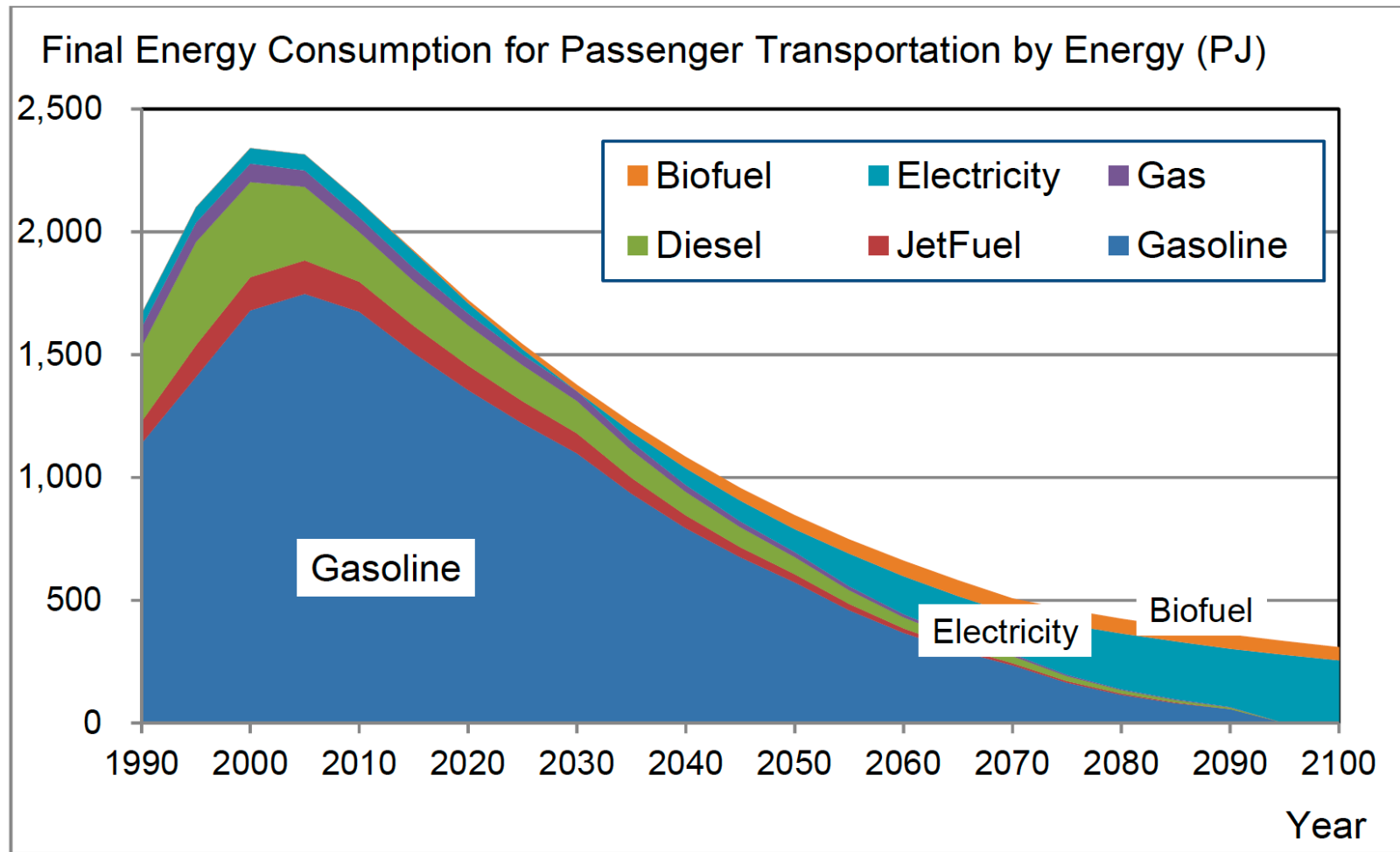


Figure 1.35 Final energy consumption for passenger transportation by energy

CO₂ emission

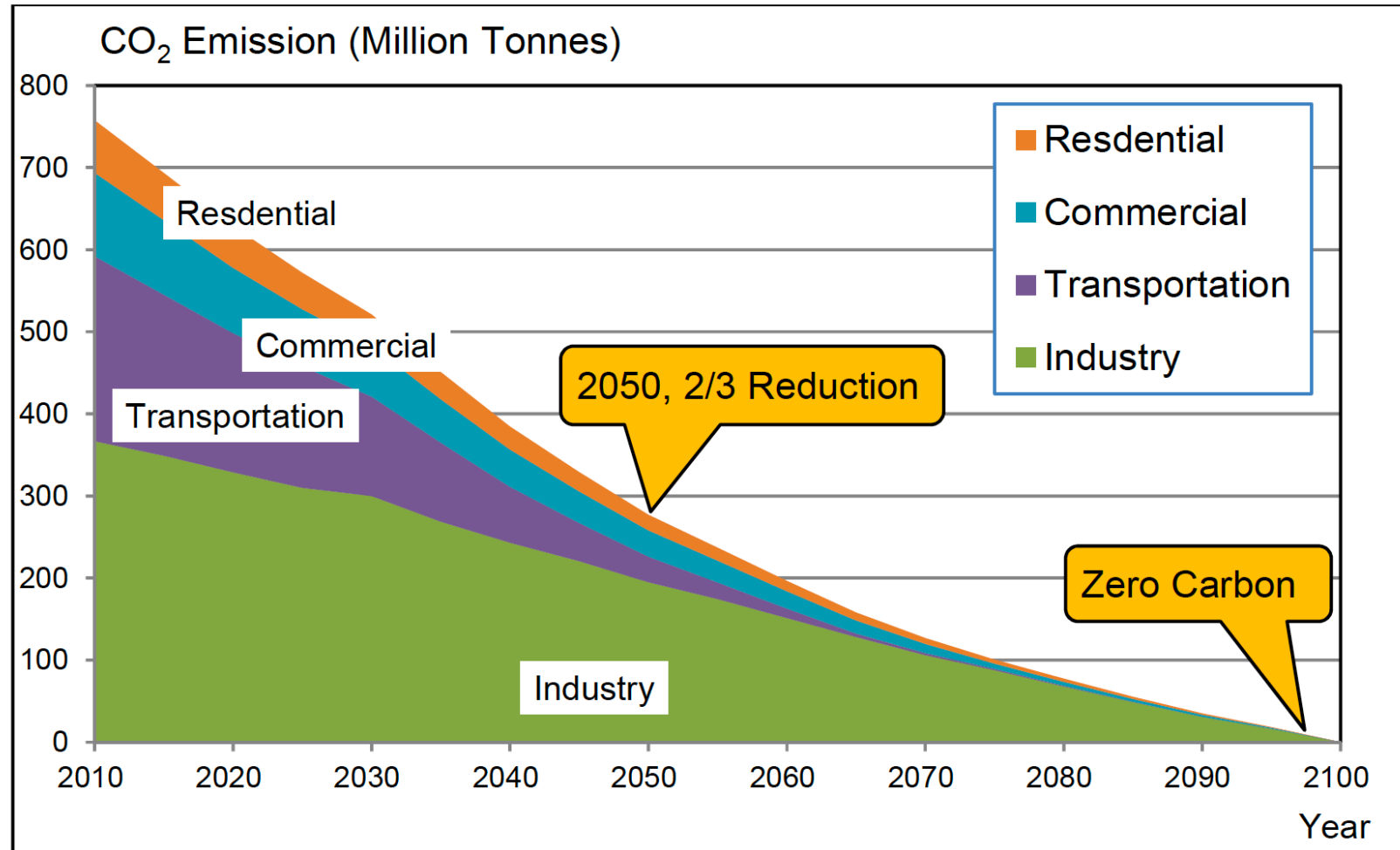
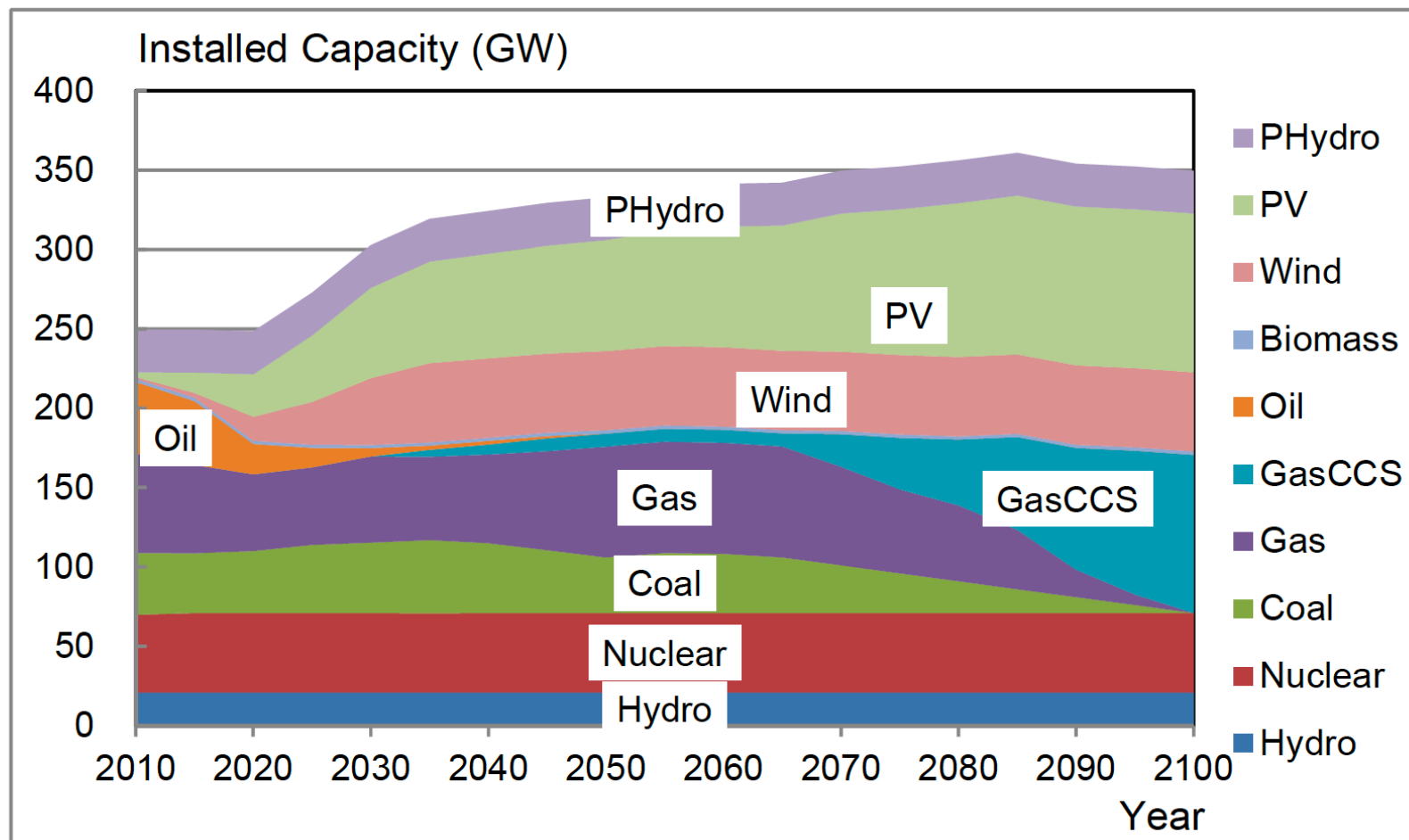


Figure 1.40 CO₂ emission at end-use side

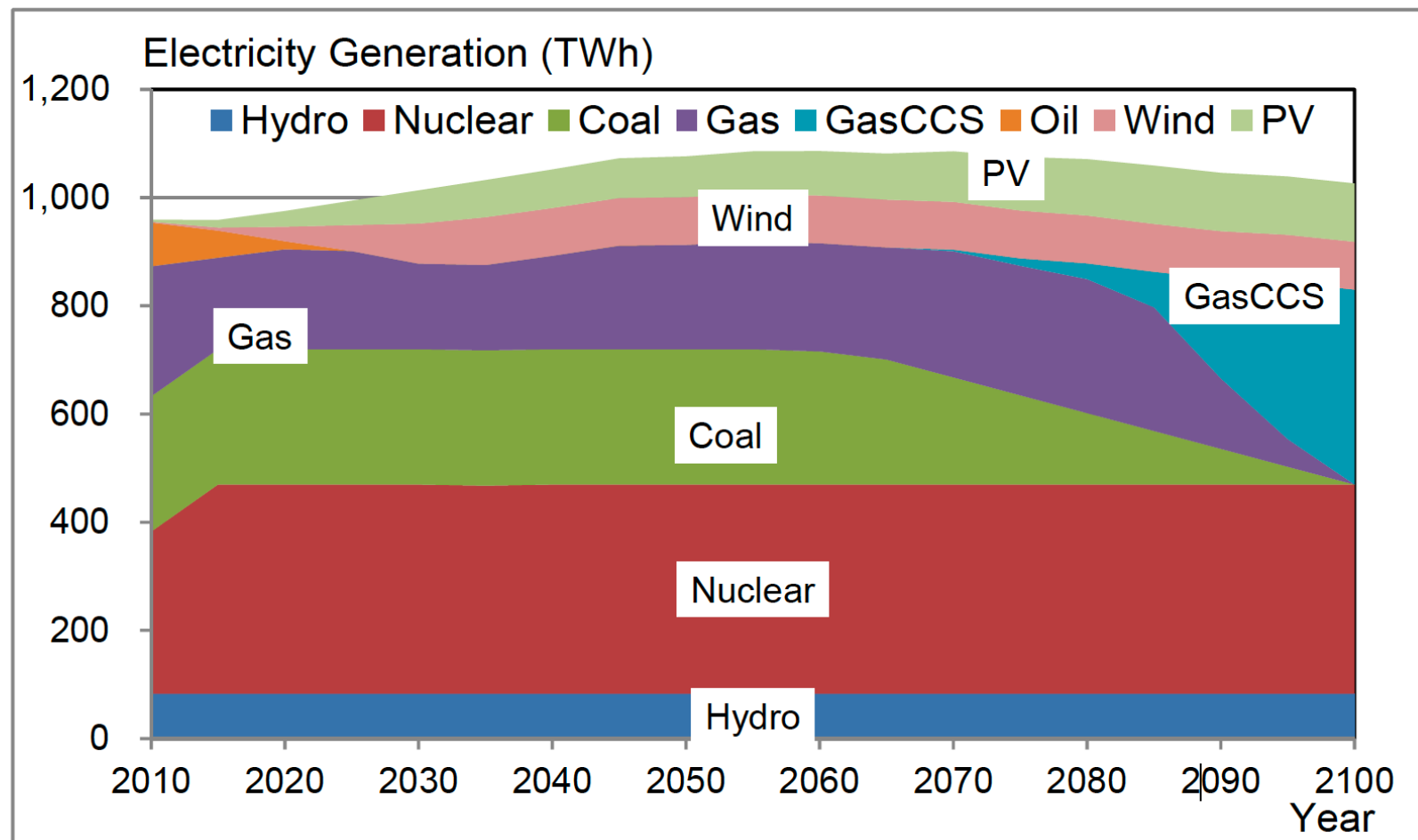
Recommended

2100 Scenario 2
(Max 50 GW
Nuclear)



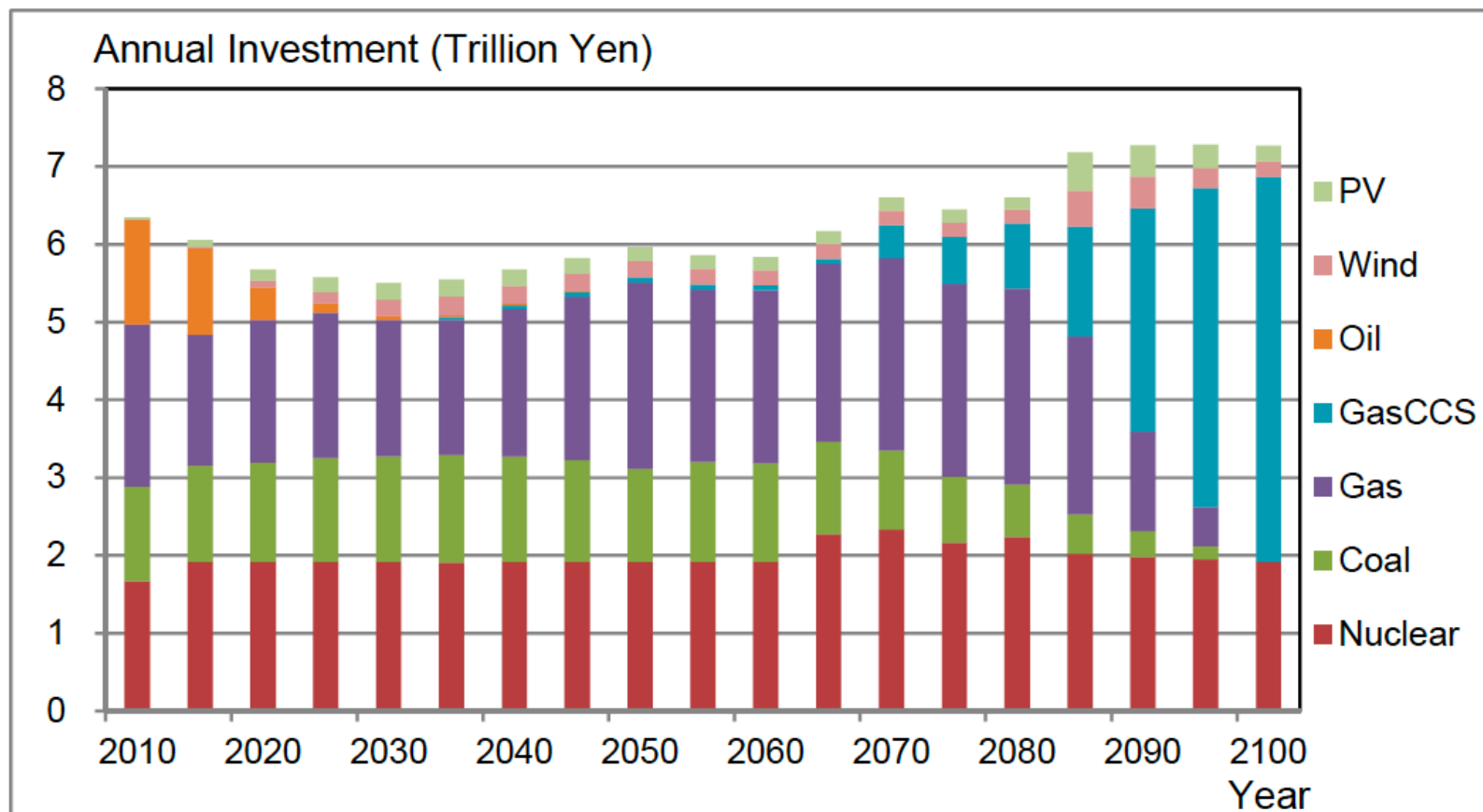
Recommended

2100 Scenario 2
(Max 50 GW
Nuclear)



6-7 trillion yen per year is needed.

2100 Scenario 2
(Max 50 GW
Nuclear)



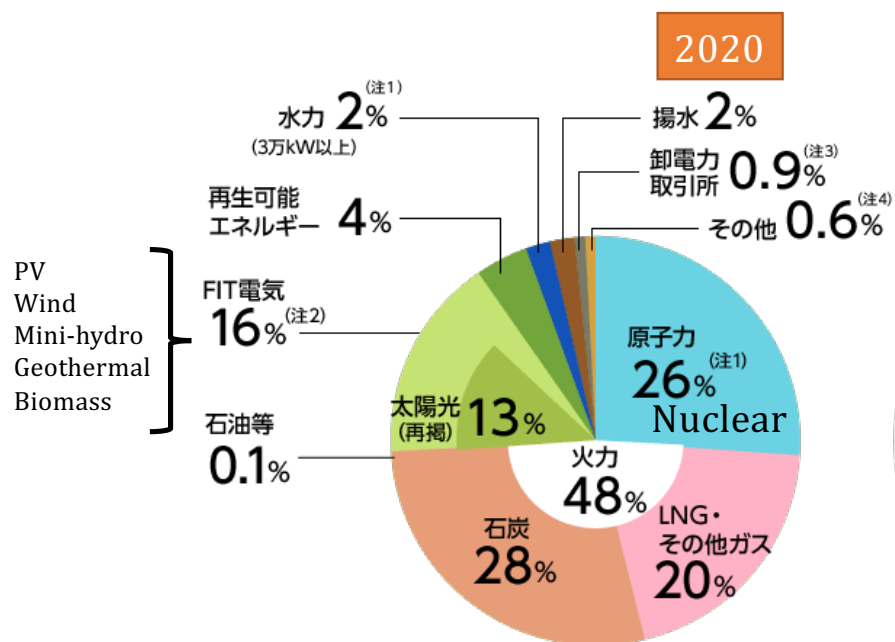
ここまでのまとめ

- 2100年ゼロエミッションは人口半減により成立する。その際、毎年6-7兆円の投資が必要であり、総額約560兆円に登る。
- 実現のためのシナリオは原子力導入量の多寡により決まる。

3. 九州地区の分析

九州地区の電力供給実績

再エネ ~22%



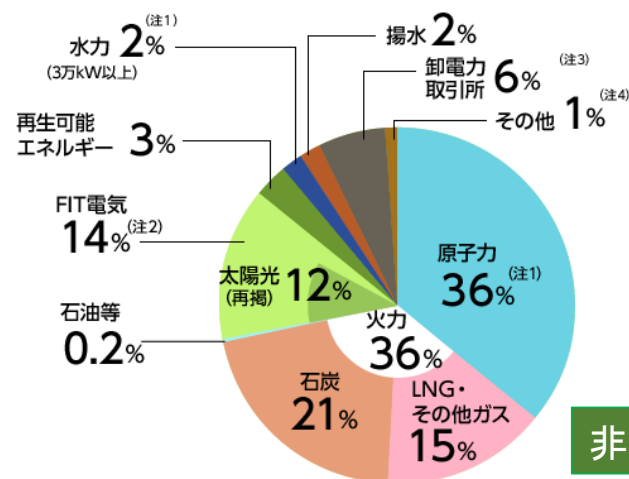
https://www.kyuden.co.jp/rate_adj_power_composition_co2.html

Prof. Keiichi N. Ishihara (GSES)
KYOTO UNIVERSITY

九州地域の日本全体の約10%の人口、エネルギー需要を有する



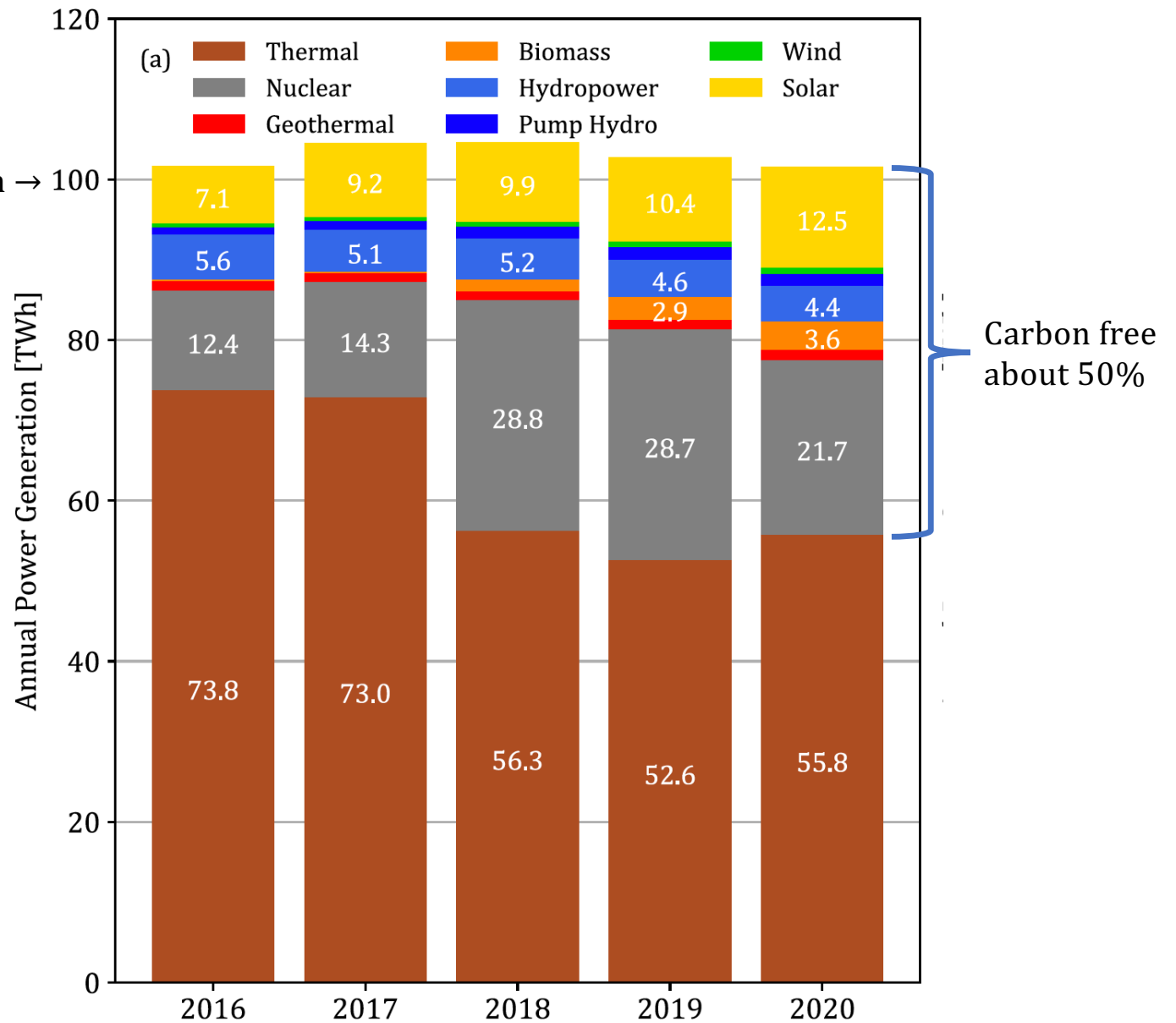
2021



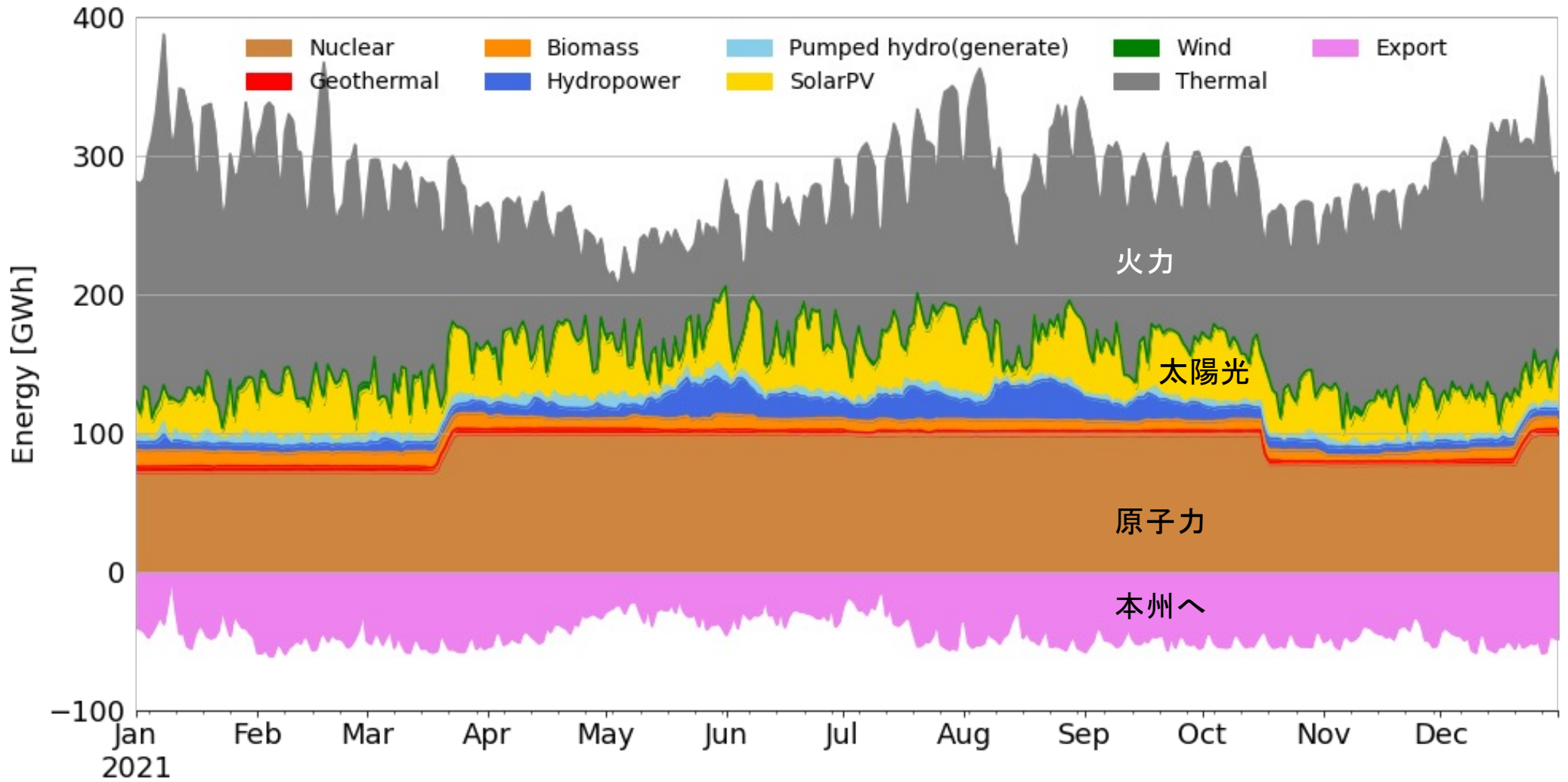
非炭素電源 6割

Power Generation in Kyushu.

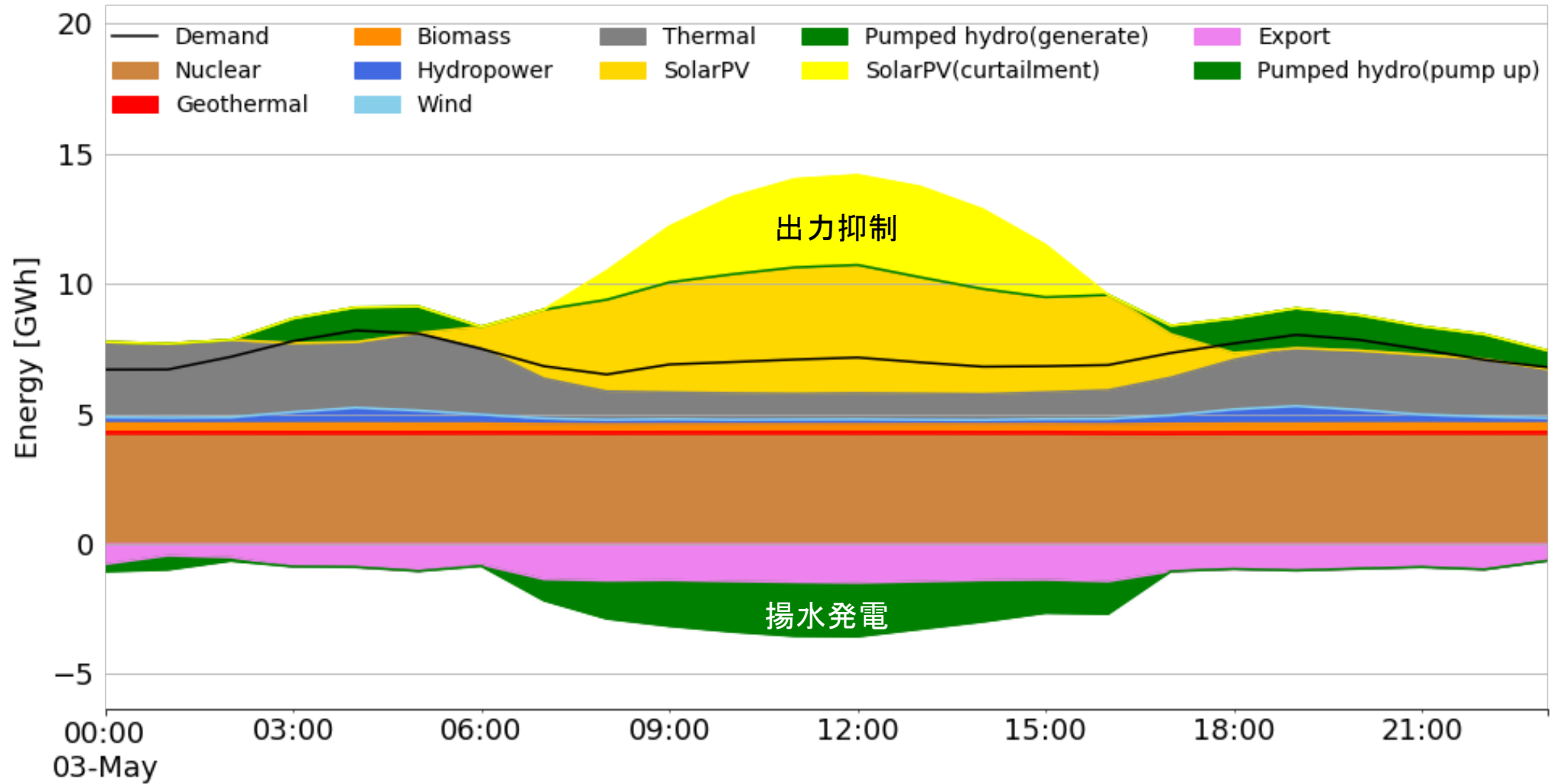
Corresponding to 10% of Japan →



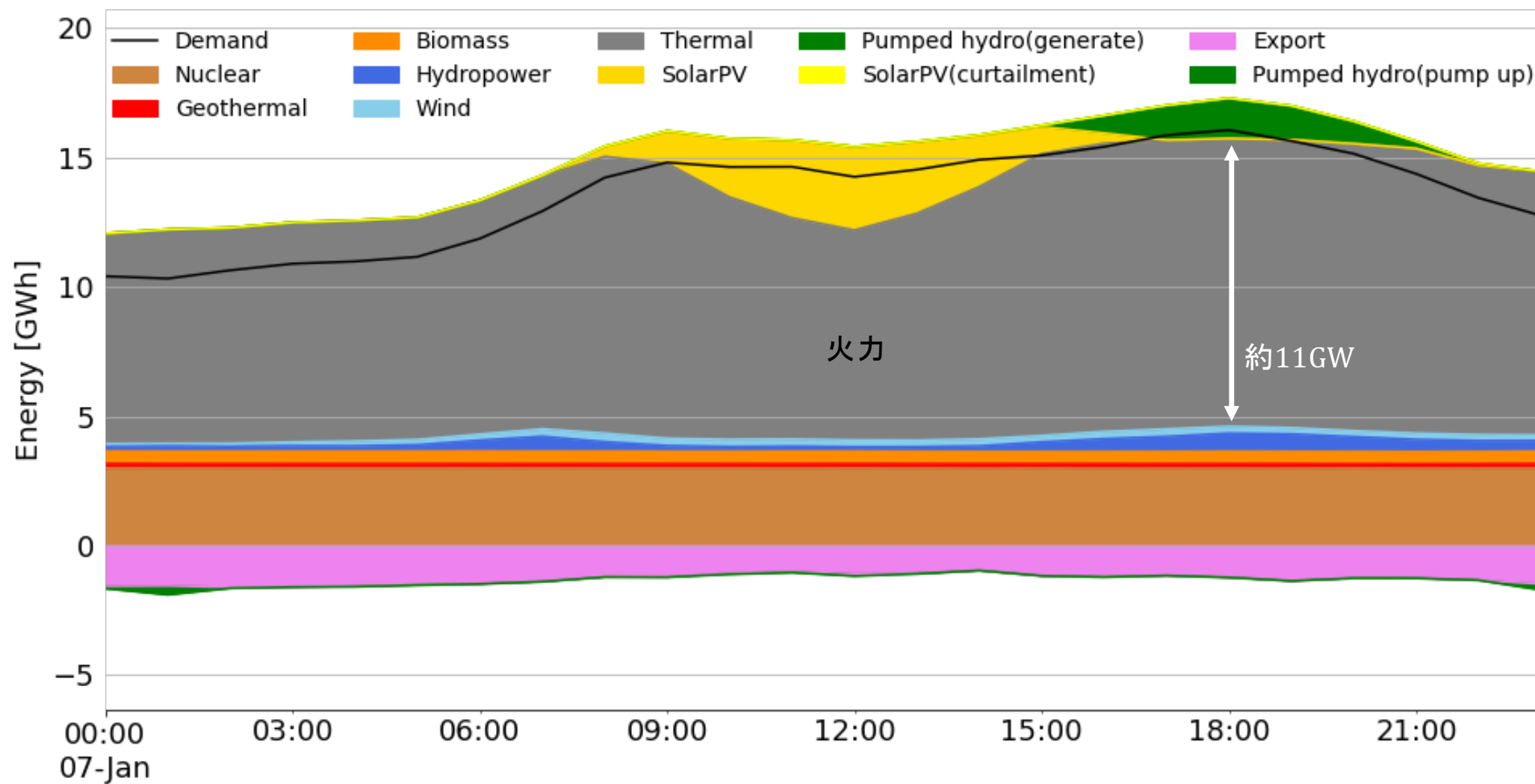
2021年実績（日単位） 原子力36%, 火力36%.

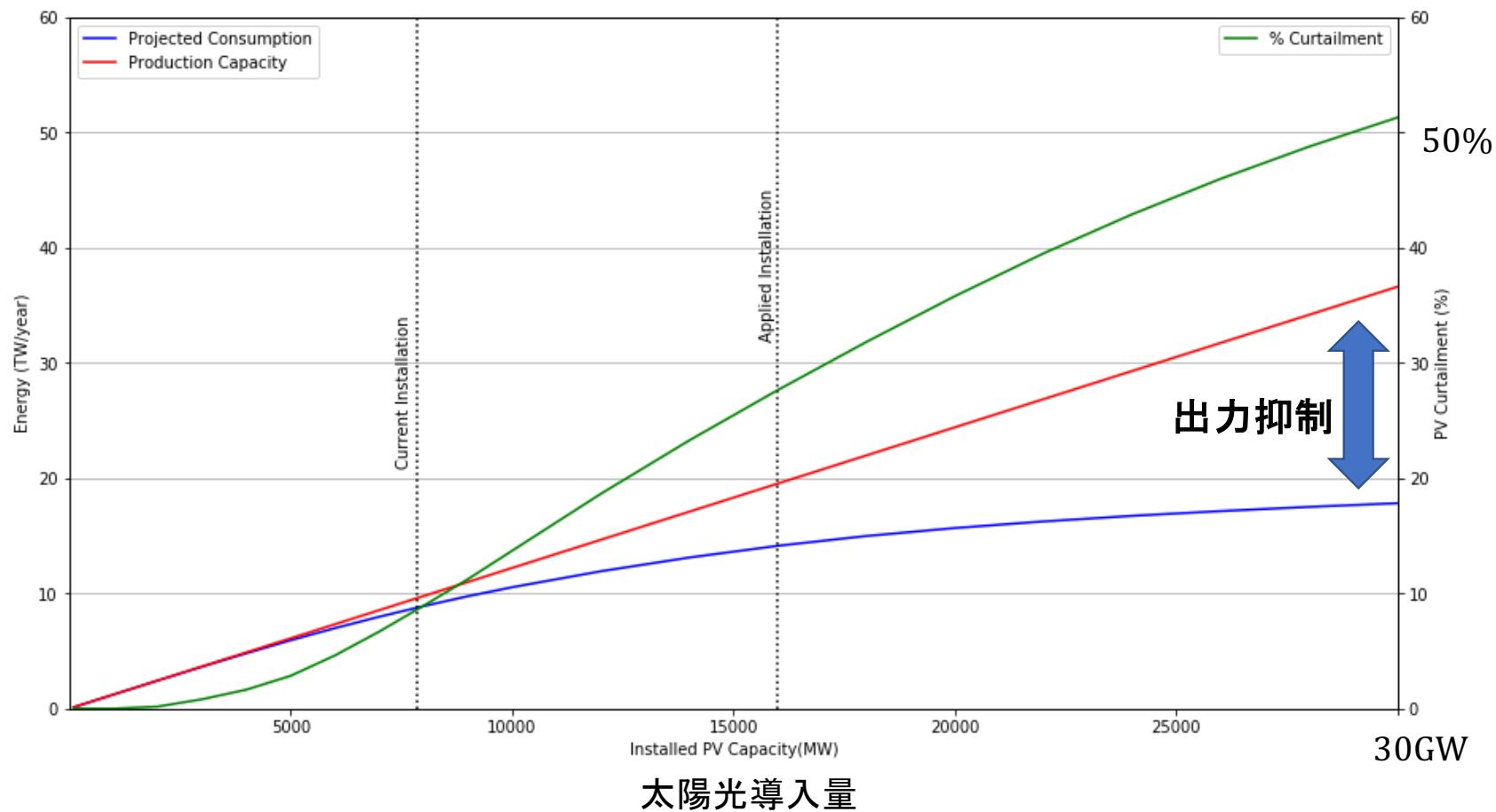


2021.5.3 最大出力抑制

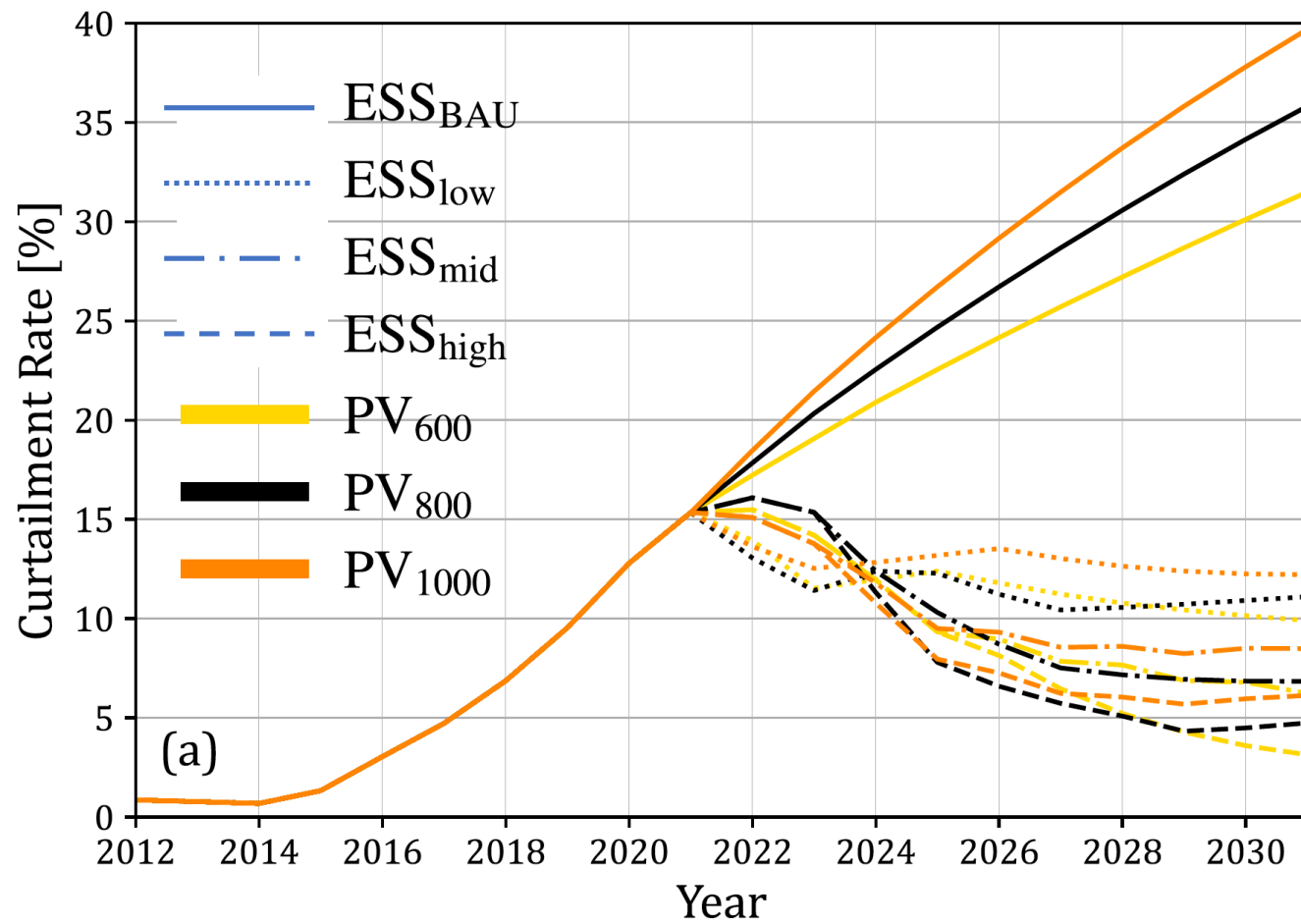


2021.1.7 最大火力





Production Capacity, Projected Consumption, and Curtailment Information using 2018 Demand Curve and Various Installed PV Capacity

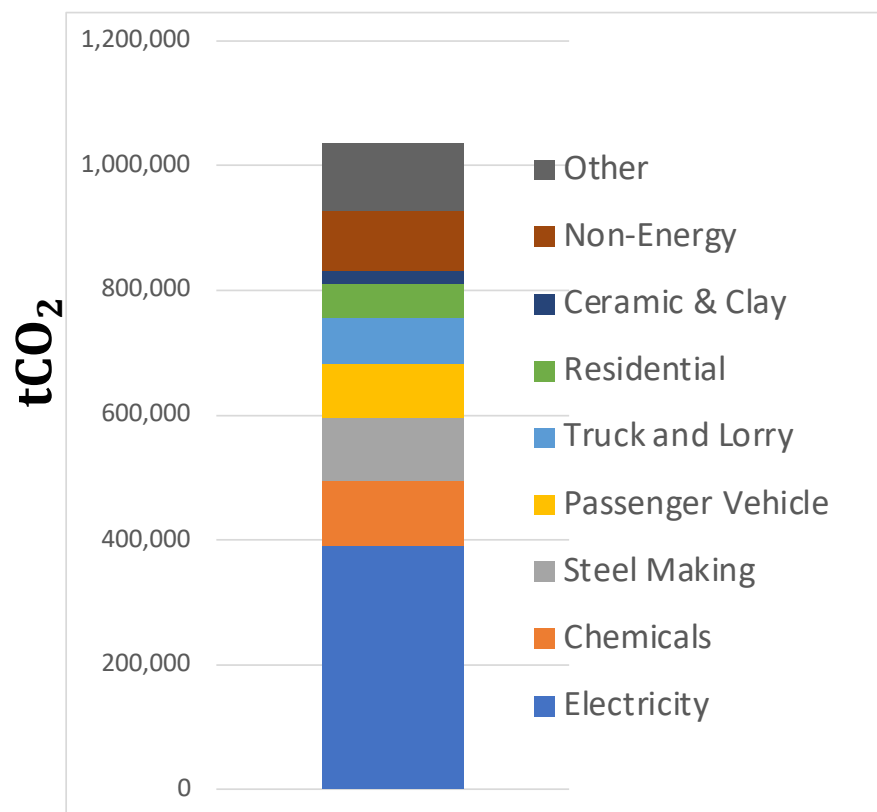


ここまでのまとめ

- 30GWの太陽光導入をすると約50%が出力抑制される。
- 電気自動車と蓄電池の導入で、経済合理性を考慮しつつ出力抑制は5%まで低減できる。
- しかし、蓄電池で季節変動を吸収する事は困難である。

4. 2050年カーボンニュートラル

主な二酸化炭素排出源



From energy balance data in 2020

- 8 sectors cover 90 % of GHG emissions.
- Non-energy is mainly naphtha.
- Cement and clinker is out of this table.

これら 8 業種のカーボンニュートラルを考察する

業種別エネルギートランジション

業種	現在	導入技術	必要量
電力	1000TWh	Renewable and Hydrogen	水素：5.5-17.4MtH ₂
石油化学	41470t CO ₂	CCSU	水素：9.5MtH ₂
鉄鋼	100MtCO ₂ from coal	coke to hydrogen	水素：7Mt H ₂
輸送（旅客）	38GJ	To EV	電力：70TWh
輸送（貨物）	28GJ	To FCV	水素：10MtH ₂
民生	1907PJ	Electrification	電力：170TWh
窯業・セメント	16Mt CO ₂	C to CH ₄	水素：1.7MtH ₂
必要水素量			33.7-45.6Mt (370-510BNm ³)

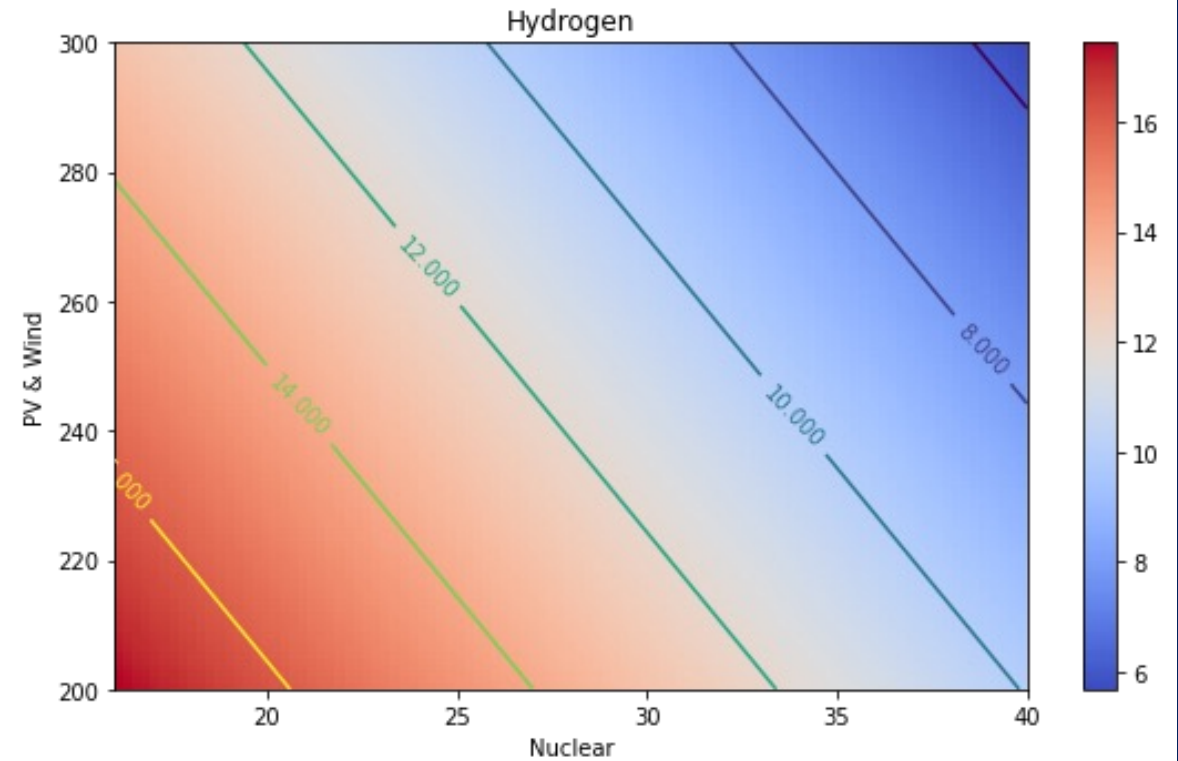
水素にはアンモニアや天然ガス+CCSが含まれる

政府予想 20Mt
松尾ら(IEEJ): 22Mt-40Mt

電力部門

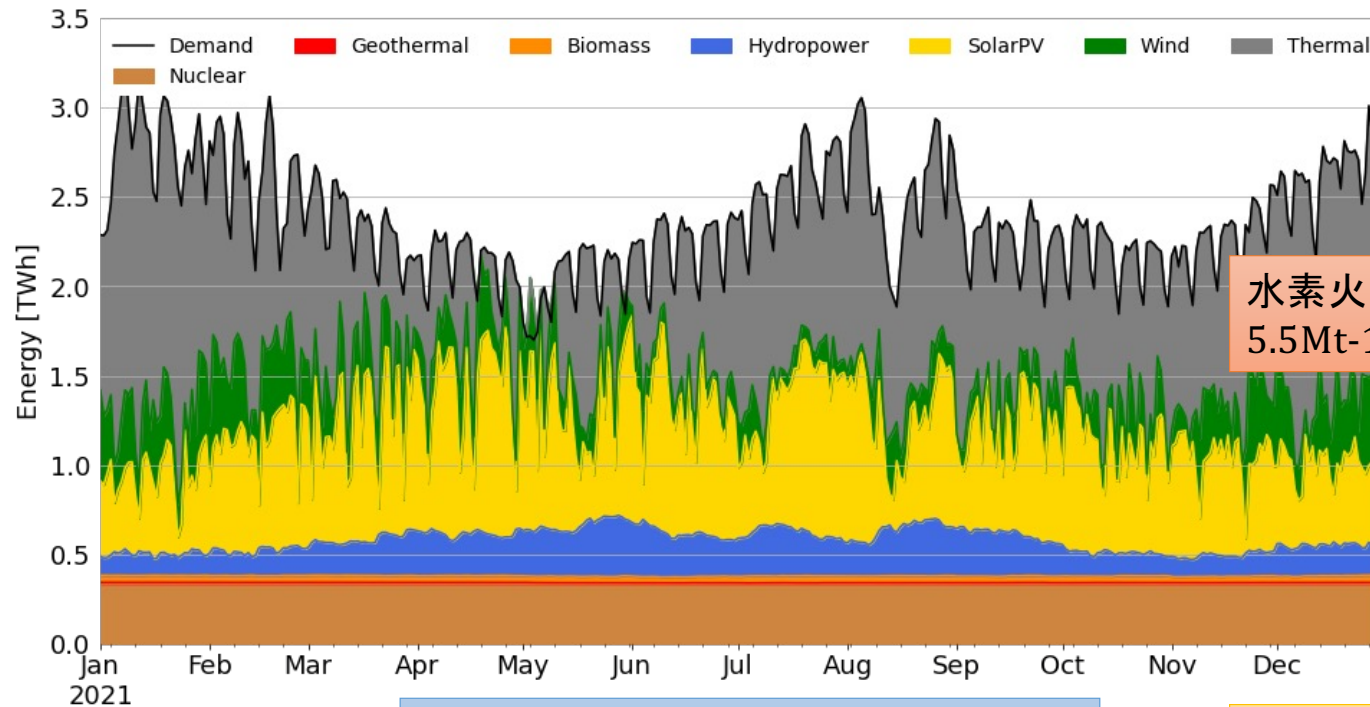
- 需要量の変化1000TWh/year
 - EV (7%→+2% 余剰太陽光考慮)
 - 家庭部門 (+17%)
 - 人口減少 (-16%)
 - 効率化 (-7%)
 - 産業部門 (+?%)
- 水力など(120TWh)
- 原子力 (16-40GW)
- 風力・太陽光 (200-300GW)
- 水素 (5.5Mt -17.4Mt)

組合せ問題



水素需要量

季節変動は火力で調整（水素）



水素火力:
5.5Mt-17.4Mt

非電力部門

28MtH₂

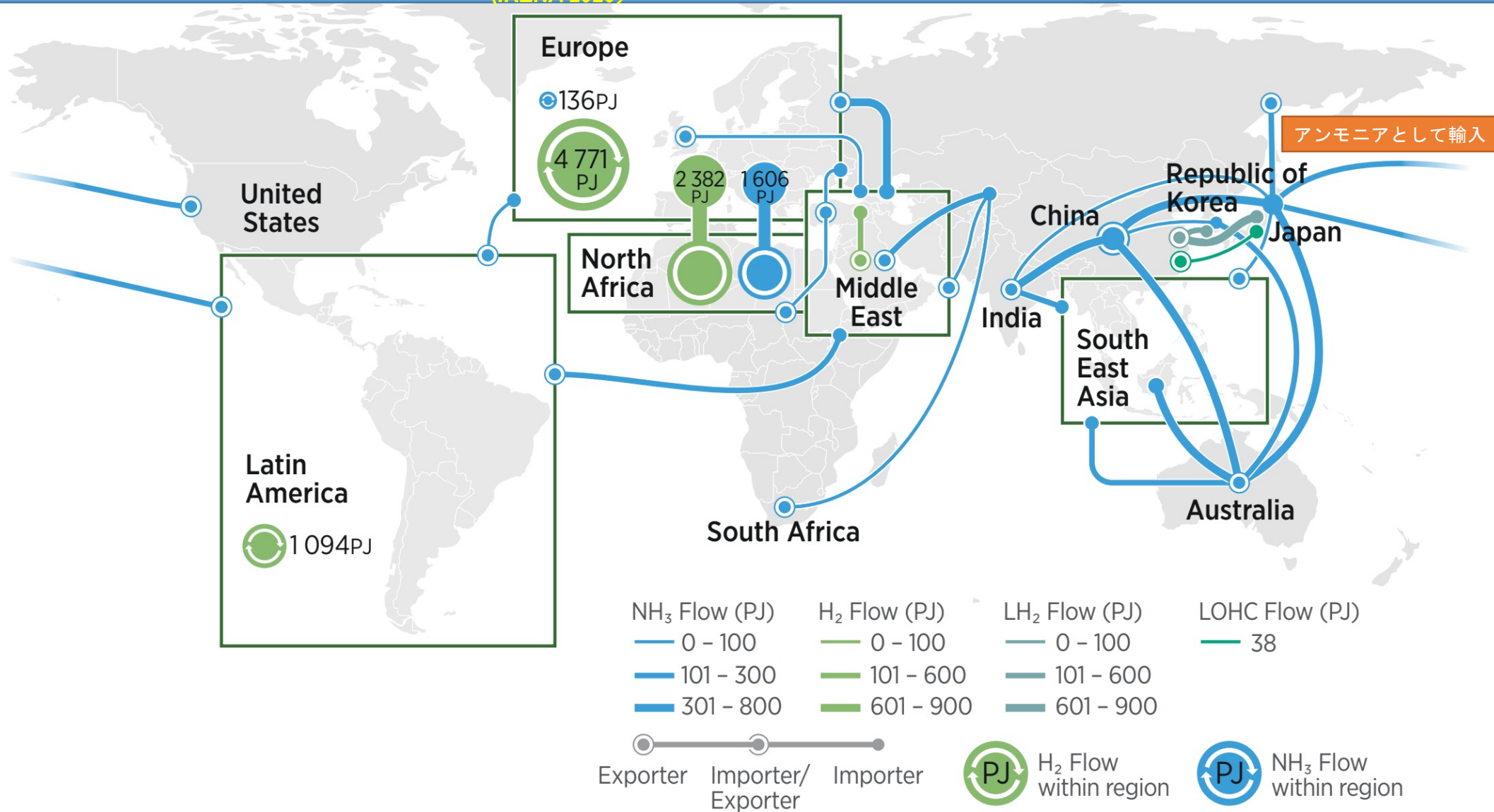
例:

- 需要: 2021の日本全体
- 太陽光: 3倍 (78G→234GW)
- 風力: 10倍 (4.58G→48.5G)
- 原子力: 20GW (約20基)
- 水素: 13Mt

グリーン水素 45.6Mt ~ 2600TWh
← 2000GW PV (16%) 20,000km²
c.f. 四国の面積 (18,800km²)

水素貿易予想図 (2050)

Global Hydrogen Trade to Meet the 1.5°C Climate Goal: Trade Outlook for 2050 and Way Forward (IRENA 2020)



5. まとめ

2050年カーボンニュートラルを実現するには

- 毎年20兆円、計28年間560兆円の投資が必要
- 再エネ、原子力を最大限導入しても、水素（水素由来燃料）の輸入利用が必要。
水素に換算して33.7-45.6Mt。
- 未解決な技術課題としては、非エネルギー利用である、鉄鋼、化学、セメント産業の脱炭素化。
- 水素インフラの整備に加えて、水素の安定供給先を国外に確保する必要。

ご清聴ありがとうございました

京都大学

